

- 6.Штаерман И.Я. Конкретная задача теории упругости. – М.: Гостехиздат, 1949. – 152 с.
- 7.Клубин П.И. Расчет балочных и круглых плит на упругом основании // Инженерный сборник ИМ АН СССР. – 1952. – Т. XII. – С.10-18.
- 8.Гончаров В.Л. Теория интерполирования и приближения функций. – М.: Гостехиздат, 1934. – 142 с.
- 9.Клубин П.И. Распределение контактных добавлений между штампом с неплоской подошвой и упругой полуплоскостью // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1969. – №5. – С.10-12.
- 10.Шутенко Л.Н., Гильман А.Д., Лупан Ю.Т. Основание и фундаменты. – К.: Вища шк., 1989. – 328 с.
- 11.Сорочан Е.А. Строительство сооружений на набухающих грунтах. – М.: Стройиздат, 1989. – 312 с.
- 12.Сейфельдин Г.Х., Таранов В.Г. Фундаменты на набухающих грунтах Судана // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып. 81. – К.: Техніка, 2008. – С.67-73.
- 13.Шутенко Л.Н., Лупан Ю.Т., Клемяционюк П.Л., Рудь А.Г., Стрижельчик Г.Г., Жиров А.В. Основания и фундаменты. – Харьков: ХНАГХ, 2004. – 674 с.

Получено 14.01.2009

УДК 624.015.5

Л.І.СТОРОЖЕНКО, д-р техн. наук, В.Ф.ПЕНЦ, канд. техн. наук, Л.М.СТОВБА  
*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

### **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗГІНАЛЬНИХ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ КВАДРАТНОГО ПЕРЕРІЗУ**

Наведено результати експериментальних досліджень деформацій згинальних трубобетонних елементів квадратного перерізу. Подана методика проведення експериментального дослідження, характеристика дослідних зразків, наведені значення деформацій зразків, що були випробувані на згинання.

Протягом останніх років у нашій країні проводяться активні наукові роботи з дослідження трубобетонних конструкцій. На сьогодні вивчені особливості роботи трубобетонних елементів циліндричного перетину залежно від їх геометричних характеристик, фізико-механічних властивостей бетону осердя та матеріалу оболонки, напружено-деформованого стану, способу прикладання навантаження та його тривалості, а також трубобетонні елементи квадратного перерізу, що працюють на стиск, але відсутні дослідження елементів, що працюють на згин.

Відомі дослідження трубобетонних елементів круглого перерізу [2-5]. Експериментальними дослідженнями деформацій трубобетонних елементів квадратного перерізу під керівництвом Л.І.Стороженка займалися Г.В.Головко [1, 5, 6] і В.В.Васюта [5, 6]. Наукові роботи Е.Д.Чихладзе [7, 8] присвячені дослідженню трубобетонних елементів прямокутного перерізу.

Експериментальні дослідження проводилися на зразках, характеристики яких наведено в табл.1. У кожній серії випробовували по два (у балках) і по три (в кубах та призмах) зразки-близнюки. Всі зразки випробовували після 28 діб витримування, необхідного для набрання міцності бетону, в пресі ПММ-250.

Таблиця 1 – Характеристика дослідних зразків

Марка	Характеристика зразків	Розмір поперечного перерізу $b$ , мм	Товщина стінки труби $t$ , мм	Міцність бетону $R_b$ , МПа
ТЗ-1-1	Зігнуті елементи з порожніх труб при $l_{mp}=500$ мм	100	3	-
ТЗ-2-1		160	4	-
ТЗ-3-1		180	6	-
Т-3-3-2	Те ж при $l_{mp}=1500$ мм	180	6	-
ТБЗ-11-1	Зігнуті трубобетонні елементи при $l_{mp}=500$ мм	100	3	10
ТБЗ-21-1		160	4	10
ТБЗ-31-1		180	6	10
ТБЗ-12-1		100	3	20
ТБЗ-22-1		160	4	20
ТБЗ-32-1		180	6	20
ТБЗ-13-1		100	3	30
ТБЗ-23-1		160	4	30
ТБЗ-33-1		180	6	30
ТБЗ-31-2	Зігнуті трубобетонні елементи при $l_{mp}=1500$ мм	180	6	10
ТБЗ-32-2		180	6	20
ТБЗ-33-2		180	6	30

При випробуванні на згин навантаження зразків здійснювали за допомогою траверси з відстанню між силами 500 і 1500 мм. При відстані між траверсами 500 мм необхідно було дослідити особливості деформування згинальних зразків у зоні чистого згину між діючими силами, а при відстані 1500 мм – в опорній зоні зразків, де деформування в основному відбувалося від дії поперечної сили. Ступені навантаження складали в основному 0,1 від руйнуючої сили на початку випробування і 0,05 – при досягненні граничного стану за несучою здатністю. Велику увагу приділяли вимірюванню поздовжніх деформацій у зоні чистого згину і в приопорній зоні дослідних зразків за допомогою електротензорезисторів. Про загальну схему розташування електротензорезисторів можна судити з рис.1.

Відомо, що трубобетону притаманні як сталевих, так і залізобетонних конструкцій, тому при проведенні експериментальних досліджень фіксували два параметри, які характеризували втрату несучої здатності згинальних елементів:

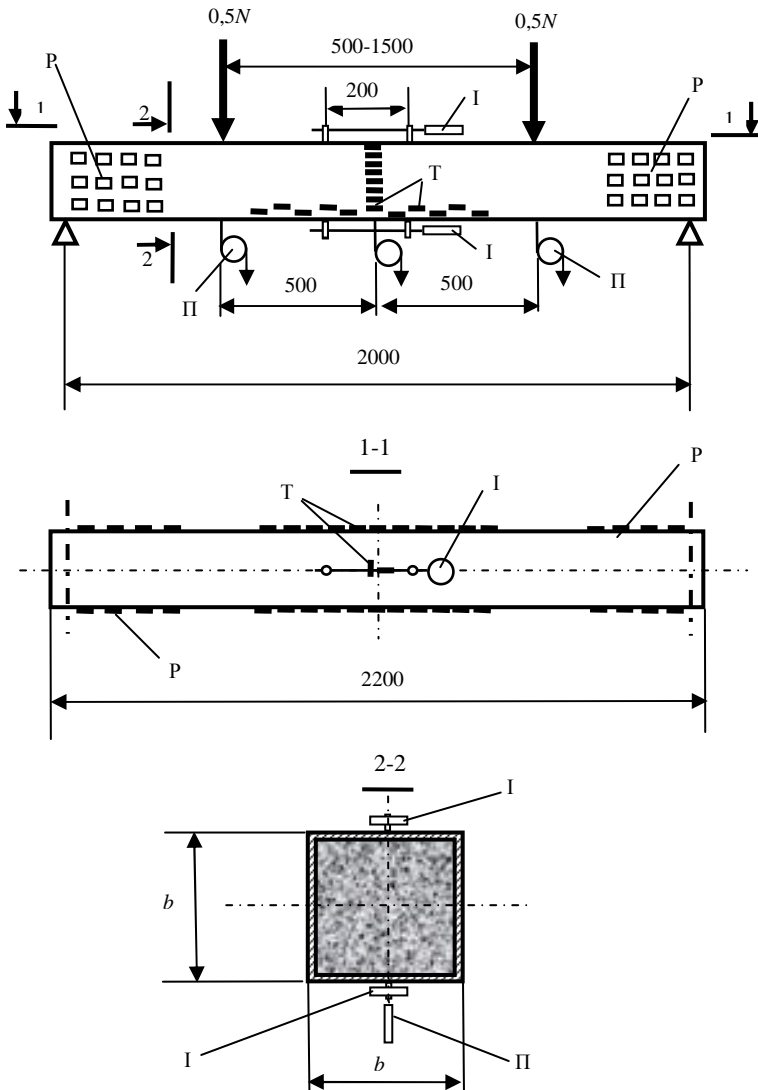


Рис.1 – Загальний вигляд згинальних елементів і  
схема розташування вимірювальних приладів:  
I – індикатори годинникового типу; II – прогиноміри;  
P – розетки електротензорезисторів.

1.  $M_1$  – діючий на згинальний елемент момент при досягненні позовжніх деформацій в розтягненій зоні, що відповідав межі плинності труби.

2.  $M_2$  – максимальний згинаючий момент, який здатний був сприйняти зразок.

Значення моментів  $M_1$  і  $M_2$ , що визначають несучу здатність згинальних трубобетонних елементів квадратного перерізу, наведено в табл.2 (при відстані між діючими зусиллями 500 мм).

Таблиця 2 – Експериментальні значення несучої здатності згинальних елементів

Серія зразків	Несуча здатність, кНм		Коефіцієнти		
	$M_1$	$M_2$	$n$	$\psi_1$	$\psi_2$
T-1	12,4	15,2	1,22	-	-
T-2	31,2	38,6	1,24	-	-
T-3	56,2	67,9	1,21	-	-
ТБЗ-11-1	16,4	22,5	1,37	1,32	1,48
ТБЗ-21-1	43,4	56,6	1,30	1,39	1,47
ТЗЗ-31-1	76,4	108,0	1,41	1,36	1,59
ТБЗ-12-1	17,2	25,4	1,48	1,44	1,84
ТБЗ-22-1	44,3	63,0	1,42	1,42	1,77
ТБЗ-32-1	82,0	110,0	1,34	1,46	1,71
ТБЗ-13-1	18,3	28,1	1,54	1,48	1,84
ТБЗ-23-1	47,7	68,2	1,43	1,53	1,77
ТБЗ-33-1	86,5	116,1	1,34	1,34	1,71

В табл.2 наведено значення несучої здатності трубобетонних елементів, ядра яких виконані з бетону різної міцності ( $R_b = 7,8; 19,6; 26,4$  МПа).

Якою мірою підвищується несуча здатність труб після їх заповнення бетоном, можна судити за значеннями коефіцієнтів:

$$\psi_1 = \frac{M_1}{M_1^T}; \quad \psi_2 = \frac{M_2}{M_2^T}, \quad (1)$$

де  $M_1$ ,  $M_2$  – несуча здатність згинальних трубобетонних елементів;  $M_1^T$ ,  $M_2^T$  – несуча здатність відповідних згинальних порожніх труб.

Значення коефіцієнтів  $\psi_1$  і  $\psi_2$  наведено в табл.2. Коефіцієнт  $\psi_1$  змінюється в межах 1,32-1,54. Коефіцієнт  $\psi_2$  має дещо більшу величину і змінюється в межах 1,48-1,84. Таким чином, у результаті заповнення бетоном, несуча здатність згинальних труб квадратного перерізу підвищується на 30-50%. Значення коефіцієнтів  $\psi_1$  і  $\psi_2$  залежать як від міцності бетону ядра, так і від геометричних розмірів поперечного перетину. Як уже зазначалося, міцність бетону мало впливає на несучу

здатність згинальних трубобетонних елементів. Несуча здатність випробуваних елементів залежно від міцності бетону змінювалася в межах 10-15%.

Характер руйнування конструкції від навантаження дозволяє зробити висновок про її ефективність. Випробувані згинальні трубобетонні елементи квадратного перетину не вдалося зруйнувати в повному розумінні цього терміну. Після досягнення значення згинального моменту  $M_2$  балка продовжувала згинатися при деякому зменшенні діючого згинального моменту, прогини значно збільшувалися (до 60 мм і більше), при цьому на дослідному зразку не відмічалися якісь інші ознаки руйнування.

В елементах з порожніх труб при досягненні моментом значення  $M_2$  спостерігалася втрата місцевої стійкості стінки зразка в місцях дії максимального згинального моменту. У всіх випадках втрата місцевої стійкості спостерігалася при напруженнях, що на 20% перевищували межу плинності сталі. Важливим фактором, який підтверджує високу надійність випробуваних згинальних елементів, є різниця між значеннями моментів  $M_1$  і  $M_2$ .

Деформації, які вимірювали за допомогою розеток, значно відрізнялися залежно від їх розміщення в приопорній зоні балок. Поздовжні, поперечні й під ухилом деформації, як це й очікувалося, були найменшими в місці розташування верхньої, розміщеної найближче до опори, розетці.

На рис.2 наведено результати цих вимірів для зразків із труб з перерізом 180x180 мм, які були заповнені бетоном міцністю  $R_b = 26,4$  МПа.

Згинальні моменти в цьому випадку виникали від двох зусиль, відстань між якими дорівнювала  $l_{mp} = 1500$  мм. Таким чином, приопорна зона знаходилась під впливом значної за величиною поперечної сили  $Q$ , що досягала 150 кН. Діючий згинальний момент у середньому перерізі був дещо менший, ніж при траверсі  $l_{mp} = 500$  мм.

Максимальні деформації спостерігалися в розетці, що була розташована в нижній зоні балки найдальшій від опори. Ні в одному з випадків не спостерігалася втрата місцевої стійкості стінки квадратної труби.

Результати експериментальних досліджень згинальних трубобетонних елементів квадратного перерізу дозволяють зробити наступні висновки.

1. Згинальні трубобетонні елементи квадратного поперечного перерізу при роботі під навантаженням суміщають у собі як сталі-

вих, так і залізобетонних конструкцій. Тому при їх дослідженні необхідно фіксувати як досягнення в оболонці розтягнутої зони значення деформацій, що відповідають межі плинності ( $M_1$ ), так і повну втрату несучої здатності ( $M_2$ ).

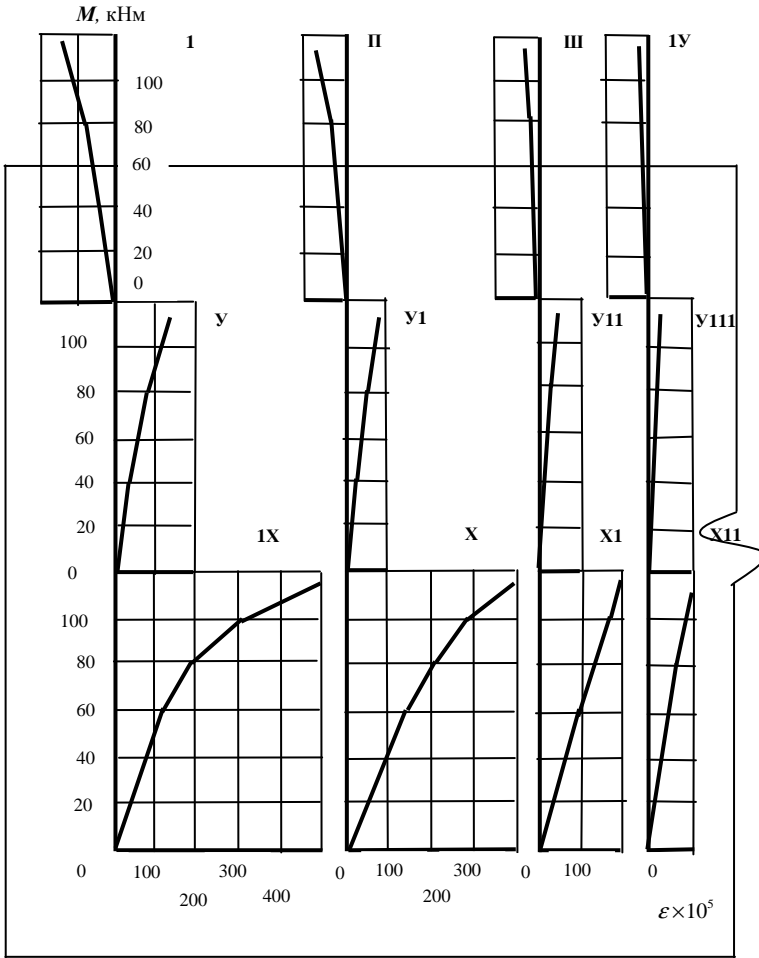


Рис.2 – Залежність позовжніх деформацій від величини згинального моменту для зразка з перерізом 180х180 мм серії ТБЗ-33-2, що були заміряні біля опори:

1 – X11 – номери розеток електронрезисторів.

2. При заповненні гнутих зварених профілів квадратного перерізу бетоном значно підвищується їхня несуча здатність при згинанні. Цей фактор урахується коефіцієнтами  $\psi_1$  і  $\psi_2$ , які коливаються відповідно в межах 1,32-1,54 і 1,47-1,84. Підвищуючись зі зростанням міцності бетону, ці коефіцієнти практично не залежать від геометричних розмірів поперечного перерізу.

3. Згинальний елемент квадратного поперечного перерізу не вдається зруйнувати в загальноприйнятому значенні цього слова. На відміну від порожніх труб, у згинальному трубобетонному елементі не спостерігається втрата місцевої стійкості. Отримуючи великі прогини, згинальний трубобетонний елемент продовжує сприймати діюче на нього навантаження. На всіх етапах завантаження бетон і сталь в трубобетонному елементі працюють сумісно.

4. Поздовжні деформації в стиснутій зоні згинальних трубобетонних елементів при одних і тих же значеннях сил дещо менші, ніж у розтягнутій зоні. Це пояснюється ефективною роботою бетону, що знаходиться в труб-оболонці. В досліджених згинальних трубобетонних елементах практично виконується гіпотеза плоских перетинів, особливо на початкових стадіях завантаження. Відносна висота стиснутої зони коливається в межах 0,34-0,42, при цьому, як і в згинальних трубобетонних елементах циліндричного профілю, зі зростанням навантаження нейтральна вісь практично не зміщується.

Враховуючи геометричні особливості поперечного перерізу, можна зробити висновок, що згинальні трубобетонні елементи квадратного перерізу працюють ефективніше, ніж трубобетонні елементи з круглим поперечним перерізом.

1. Головки Г.В. Напружено-деформований стан центрально стиснутих елементів із сталевих труб квадратного перерізу, заповнених бетоном: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Полтава, 1996. – 20 с.

2. Стороженко Л.И. Трубобетонные конструкции. – К.: Будівельник, 1978. – 82 с.

3. Стороженко Л.И., Плахотный П.И., Черный А.Я. Расчет трубобетонных конструкций. – К.: Будівельник, 1991. – 120 с.

4. Стороженко Л.И., Ефименко В.И., Плахотный П.И. Изгибаемые трубобетонные конструкции. – К.: Будівельник, 1993. – 104 с.

5. Стороженко Л.И., Васюта В.В., Головки Г.В., Семко О.В. Экспериментальное исследование несущей способности стиснутых трубобетонных элементов квадратного перерізу // Матеріали II міжнар. симпозіуму „Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій”. – Львів, 1996. – С.269–271.

6. Стороженко Л.И., Васюта В.В., Головки Г.В. Несущие трубобетонные конструкции квадратного поперечного сечения // Матеріали наук.-техн. конф. «Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону». – К., 1996. – С.170-172.

7. Чихладзе Э.Д. Несущая способность сталебетонных конструкций в условиях статического и динамического нагружения: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М.,

1989. – 34 с.

8. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Расчет сталебетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при осевом сжатии // Бетон и железобетон. – 1993. – №1. – С.13-15.

*Отримано 14.01.2009*

УДК 697.133 : 692.53

О.В.СЕМКО, д-р техн. наук, В.В.ЧЕРНЯВСЬКИЙ, канд. техн. наук,  
О.І.ФІЛОНЕНКО

*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

## **ВПЛИВ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ НА ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ФУНДАМЕНТІВ ТА ПІДЛОГИ НА ҐРУНТІ**

Розглядається проблема зниження тепловтрат через підлогу, яка має за основу ґрунт. Аналізується вплив утеплюючих вимощень на тепловтрати підлогою, проведено порівняння їх ефективності з вертикальним утепленням фундаменту та цокольної частини будинку.

У наш час зросли вимоги щодо точності прогнозування теплового стану огорожувальних конструкцій на стадії їх проектування. Підвищення теплозахисту будівель та споруд є найбільш ефективним шляхом економії паливно-енергетичних ресурсів, оскільки переважна частка енергії споживається будинками для опалення.

В 60-ті роки минулого століття М.П.Шаламовим [1] було розроблено конструкції теплоізоляційного вимощення для захисту від промерзання ґрунту під фундаментною плитою промислових будівель. Натурні спостереження, проведені науковцем, показали, що завдяки впливу цього вимощення відбувається переміщення нульової ізотерми назовні від стіни, а ґрунт, який прилягає до фундаменту, захищається від промерзання. Надалі дослідженням впливу вимощення на тепловий режим фундаментів і основ займався А.М.Савельєв. В його роботах [2, 3] визначено розміри теплоізоляційних шарів вимощення та його ширину залежно від глибини промерзання ґрунту.

Недоліки підвищення теплозахисту будівель методом утепленого вимощення (можливі механічні пошкодження, зволоження утеплювача та утворення тріщин у місцях прилягання до цоколю) визнані навіть їх авторами, але при правильній експлуатації це достатньо ефективний метод зменшення тепловтрат підлогою.

Метою даної роботи є дослідження процесу тепловтрат підлогою на ґрунті при влаштуванні утепленого вимощення та при утепленні фундаментної зони (фундаменту і цоколю) вертикальними поясами по периметру будівлі і визначення меж використання наведених заходів утеплення.